

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

IVANA PERINI CASTELUBER

Magister Scientiae

**INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO MINERAL COM
NITROGÊNIO E BORO NA PRODUTIVIDADE E
PRESENÇA DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS
POLARES EM *Brassica oleracea* var. *capitata***

**SÃO MATEUS, ES
2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

**INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO MINERAL COM
NITROGÊNIO E BORO NA PRODUTIVIDADE E
PRESENÇA DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS
POLARES EM *Brassica oleracea* var. *capitata***

IVANA PERINI CASTELUBER

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Tropical, para a obtenção
do título de mestre em Agricultura
Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes

**SÃO MATEUS, ES
2014**

INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO MINERAL COM NITROGÊNIO E BORO NA PRODUTIVIDADE E PRESENÇA DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS POLARES EM *Brassica oleracea* var. *capitata*

IVANA PERINI CASTELUBER

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Tropical, para a obtenção
do título de mestre em Agricultura
Tropical.

Aprovada em: 25 de Abril de 2014.

Prof. Dr. Márcio Paulo Czepak
Universidade Federal do Espírito
Santo

Prof. Dr. Marcelo B. da Rosa
Universidade Federal de Santa
Maria

Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus pais e irmãos, por todo o carinho e ensinamentos;
Ao meu esposo, por todo amor, incentivo e companheirismo,
dedico.

“ Desperte para as verdades superiores. Não se iluda com as conquistas fáceis, com os prazeres transitórios, com as sensações efêmeras. Busque intensamente as coisas sólidas e duradouras, e para isso espalhe em volta de você alegria e otimismo, bondade e amor, que são as bases firmes e eternas da felicidade que jamais termina. Só o amor constrói para a eternidade! ”

Carlos Torres Pastorino

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar meus passos e permitir a realização de mais um sonho.

Ao Prof. Dr. Valdenir José Belinelo (*in memorian*) pela oportunidade de ingressar no programa e por todos os ensinamentos durante o tempo em que trabalhamos.

Ao Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes por aceitar me orientar, e pela paciência, amizade e orientação na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Barreto pelas idéias e direcionamentos durante o desenvolvimento deste estudo.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical e ao Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas pela oportunidade na realização deste curso.

Aos coordenadores e professores do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical pelo apoio e ensinamentos durante todo o período do curso.

Aos colegas do mestrado, por todos os momentos que compartilhamos.

Aos alunos de iniciação científica, mestrado e técnicos que me auxiliaram durante a execução dos experimentos.

Ao Prof. Dr. Marcelo Barcellos da Rosa e sua equipe por toda a hospitalidade e auxílio nas análises químicas e sugestões neste trabalho.

Aos meus professores da graduação e da pós-graduação, por todos os ensinamentos e experiências que contribuíram para a minha formação.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À banca examinadora que aceitou avaliar este trabalho.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Ivana Perini Casteluber, filha de Lucimar Casteluber e Regina Perini, nasceu em 03 de setembro de 1986, na cidade de Colatina, ES.

Em 2011 graduou-se em Bacharel em Farmácia pela Universidade Federal do Espírito Santo, em São Mateus/ES.

Em março de 2012 iniciou o Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical em nível de Mestrado, na Universidade Federal do Espírito Santo, submetendo-se à defesa de dissertação em abril de 2014.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. REFERÊNCIAS.....	04
3. CAPÍTULOS.....	07
3.1 Produtividade e presença de compostos secundários polares em repolho em função das doses de nitrogênio	07
3.1.1 Resumo.....	07
3.1.2. Abstract.....	08
3.1.3. Introdução.....	09
3.1.4. Materiais e métodos.....	11
3.1.5. Resultados e discussão.....	14
3.1.6.Conclusão.....	20
3.1.7. Referências.....	21
3.2. Produtividade e presença de compostos secundários polares em repolho em função das doses de boro.....	25
3.2.1 Resumo.....	25
3.2.2. Abstract.....	26
3.2.3. Introdução.....	27
3.2.4. Materiais e métodos.....	29
3.2.5. Resultados e discussão.....	32
3.2.6.Conclusão.....	37
3.2.7. Referências.....	39

RESUMO

CASTELUBER, Ivana Perini; M.sc; Universidade Federal do Espírito Santo; Abril de 2014; **INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO MINERAL COM NITROGÊNIO E BORO NA PRODUTIVIDADE E PRESENÇA DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS POLARES EM *Brassica oleracea* var. *capitata***; Orientador: Adriano Alves Fernandes.

A família botânica com o maior número de hortaliças são as *Brassicaceas*. No Brasil, o repolho é a brássica mais consumida e no Espírito Santo é a terceira cultura olerícola de maior expressão. A adubação correta favorece a qualidade do produto final, proporcionando respostas positivas na produtividade com aplicações crescentes. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da adubação nitrogenada e boratada na produtividade do repolho e na produção de metabólitos secundários no norte do Espírito Santo. O experimento foi conduzido na fazenda experimental do curso de agronomia do CEUNES/UFES. Foram usadas sementes do híbrido Astrus plus e as mudas mantidas por cerca de 30 dias na casa de vegetação. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 4 repetições e as adubações de plantio e cobertura seguiram as normas para o estado do Espírito Santo. Os tratamentos consistiam em 0,75,150,225 e 300 Kg de N.ha⁻¹ e 0, 2, 4, 6 e 8 Kg de B.ha⁻¹ feitas aos 15, 40 e 60 dias após o transplante. As características analisadas foram produtividade, massa fresca da cabeça, diâmetro da cabeça, número de folhas externas, índice de formato, relação altura do coração sobre diâmetro da cabeça, teor de massa seca, de nitrogênio total e de boro da cabeça e das folhas externas e metabólitos secundários. A extração e caracterização cromatográfica das amostras foram feitas na Universidade Federal de Santa Maria. A análise dos resultados mostrou que para ambos os nutrientes as respostas foram significativas para a maior parte dos parâmetros estudados. Os dados de produtividade e qualidade das plantas formadas se mostraram compatíveis com as exigências do mercado consumidor e os metabólitos secundários encontrados apresentaram maior concentração nas folhas externas.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, Nutrientes Minerais, Metabólitos Secundários

ABSTRACT

CASTELUBER , Ivana Perini ; M.sc ; Federal University of Espírito Santo ; April 2014 ; **INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION WITH NITROGEN AND BORON IN PRODUCTIVITY AND PRESENCE OF POLAR COMPOUNDS IN SIDE *Brassica oleracea* var . *capitata*** ; Advisor: Adriano Alves Fernandes .

The botanical family with the largest number of vegetables are the brassicas . In Brazil , the cabbage is the most consumed and the state of Espírito Santo is the third largest vegetable crop cultivation of rapeseed expression . The correct fertilization favors the quality of the final product , providing positive with increasing productivity applications responses. The objective of this study was to investigate the influence of nitrogen and boron on yield of cabbage and production of secondary metabolites in the north of the Espírito Santo . The experiment was conducted at the experimental farm of the agronomy course of CEUNES / UFES . Hybrid seeds and seedlings plus Astrus maintained for about 30 days in the greenhouse were used . We used a randomized block design (RBD) with 5 treatments and 4 replications and fertilizer for planting and coverage followed the rules for the state of Espírito Santo . The treatments consisted of control, 75, 150, 225 and 300 kg N / ha 0, 2, 4, 6 and 8 kg B / ha taken at 15, 40 and 60 days after transplantation. The traits analyzed were yield, head fresh weight, head diameter, number of outer leaves, format index, relative height of the heart over the head diameter, dry matter content, total nitrogen and boron in the head and the outer leaves and secondary metabolites. The extraction and chromatographic characterization of the samples were made at the Federal University of Santa Maria . The results showed that for both nutrients responses were significant for most of the studied parameters. The data of productivity and quality of the grown plants proved compatible with the requirements of the consumer market and the secondary metabolites found showed higher concentration in outer leaves .

Keywords : *Brassica oleracea* var . *capitata* , Mineral Nutrients , Secondary Metabolites

1. INTRODUÇÃO GERAL

Hortaliça é o nome atribuído a plantas herbáceas comestíveis, cultivadas em hortas. São importantes fontes de vitaminas e sais minerais, substâncias essenciais ao bom funcionamento do organismo humano. A família botânica com o maior número de hortaliças são as *Brassicaceas*, plantas originadas da couve silvestre (*Brassica oleracea* var. *silvestre*). Dentre elas destacam-se a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e o brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) por serem as espécies mais cultivadas e consumidas (FILGUEIRA, 2008).

Originário da Europa Mediterrânea e Ásia Menor, o repolho é uma das hortaliças de uso mais antigo, desde cerca de 2.000 a.C. Essa região apresenta clima temperado, caracterizando o clima apropriado para o cultivo (SILVA JUNIOR, 1988). Entretanto, ao longo do tempo, foram obtidas cultivares adaptadas a temperaturas elevadas, ampliando os períodos de plantio, colheita e a produção (FILGUEIRA, 2008). Dentre eles: Louco de verão, Matsukase, Saikô, Astrus, Seisho, Sooshu (EMBRAPA, 2002).

O cultivo de híbridos no Brasil começou a partir da década de 60 e os programas de melhoramento visavam a obtenção de cultivares resistentes à pragas e com melhores parâmetros de produtividade e qualidade (CHEN & AGUIAR, 1976; MACEDO *et al*, 1976).

O repolho pode apresentar folhas lisas verdes ou arroxeadas, ou folhas crespas de cor verde. As cabeças devem ser compactas, firmes e sem rachaduras e as folhas não devem apresentar manchas escuras ou perfurações. Apesar de parecer resistente, danifica-se com facilidade, assim, adubação correta favorece a qualidade do produto final (PRADO, 2008).

O efeito benéfico da adição de elementos minerais no crescimento das plantas foi reconhecido há mais de 2000 mil anos, entretanto, apenas no início do século XIX foram realizados os primeiros estudos acerca da nutrição mineral de plantas, com JUST von LIEBIG. Sua conclusão de que N, S, P, K, Ca, Mg, Si, Na e Fe eram elementos essenciais, embora baseada apenas em observação e

sem precisa experimentação, provou ser bastante correta, embora hoje saiba-se que o Si e Na não são considerados essenciais (MENGEL & KIRKBY, 1978).

Para completar seu ciclo de vida, as plantas necessitam dos nutrientes essenciais (C, H e O), provenientes da água e do ar, que compõem cerca de 95% da matéria seca da planta, e dos minerais obtidos do solo, denominados macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S e Si) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo, Na e Ni) (MENGEL & KIRKBY, 1978)

A deficiência dos elementos minerais essenciais é comum e gera desequilíbrios no metabolismo das plantas, através de sintomas característicos. A ausência dos elementos essenciais pode ser diagnosticada, sendo percebida nas folhas, embora, mesmo antes de sua evidência, a produtividade já possa estar comprometida (GONCALVES *et al.*, 2006).

A omissão de macronutrientes influenciou negativamente a produtividade de couve-flor, reduzindo consideravelmente a altura, o número de folhas, área foliar, assim como massa seca da parte aérea, raízes e planta inteira (AVALHÃES *et al.*, 2009). Resultados semelhantes foram encontrados para a deficiência de nitrogênio e fósforo para couve da Malásia, onde as plantas produzidas apresentaram menor desenvolvimento e produção. Já a deficiência de boro levou à morte das plantas entre 30 e 37 dias após a semeadura, mostrando a importância deste nutriente no cultivo das Brássicas (MOTA *et al.*, 2009).

Para o repolho *Brassica oleracea* var. *capitata*, a omissão de macronutrientes gerou respostas semelhantes às encontradas para as demais brássicas, os resultados mostraram que as omissões individuais de N, P, K, Ca e Mg foram limitantes para o crescimento vegetativo do repolho. Entre os sintomas individuais, a ausência de nitrogênio diminuiu altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, além de levar à clorose das mesmas (AVALHÃES *et al.*, 2009).

O nitrogênio (N) é um nutriente importante para o cultivo de repolho, uma vez que proporciona respostas positivas na produtividade com aplicações crescentes (CAMARGO, 1950; AQUINO *et al.*, 2005; MOREIRA *et al.*, 2011), sendo o mineral mais exigido pela maioria das plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006). O boro (B) é outro nutriente relevante no cultivo de repolho, pois pode afetar a qualidade de produto final uma vez que anomalias como cabeças

pequenas, pouco compactas e com medula escurecida são características de deficiência de boro nas espécies de repolho (FILGUEIRA, 2008).

Muitos fatores de estresse podem interferir na composição química das plantas, destacando-se a nutrição mineral, uma vez que a deficiência ou o excesso de nutrientes pode interferir na produção de biomassa e na quantidade de princípio ativo. O metabolismo secundário é responsável pela síntese de princípios ativos nas plantas e pode ser regulada tanto por fatores genéticos quanto ambientais (MAPELI *et al.*, 2005). Metabólitos secundários são compostos produzidos pelas plantas que apresentam funções metabólicas específicas e distribuição restrita entre as espécies vegetais. Tem um importante papel na adaptação das plantas aos seus ambientes, atuando como semioquímicos e alelopatinos (BARATA *et al.*, 2002).

Em razão da grande variedade de atividades biológicas, os metabólitos secundários são utilizados há séculos na medicina popular. Participam da composição de medicamentos, cosméticos e, mais recentemente, dos nutracêuticos (AMARAL *et al.*, 2006; BIAVATTI *et al.*, 2007).

Entre os metabólitos secundários presentes nas brássicas destacam-se os glicosinolatos e os compostos fenólicos, conferindo à estas plantas grande potencial antioxidante e antibacteriano (JAISWAL *et al.*, 2012), antiinflamatório (LIN *et al.*, 2008), cicatrizante (ALBERTS *et al.*, 2006), anticarcinogênico (FARAG & MOTAAL, 2010), fotoprotetor (ROSA *et al.*, 2008), antimicótico (BAJPAI *et al.*, 2012).

Os glicosinolatos são substâncias hidrofílicas, térmica e quimicamente estáveis e apresentam pH ácido. Sua hidrólise ocorre por reação enzimática mediada pela mirosinase, gerando os isotiocianatos (ITC), as nitrilas e os tiocianatos (HOLST & WILLIAMSON, 2004). Já os compostos fenólicos são classificados de acordo com seu esqueleto carbônico básico, destacando-se os polifenóis, taninos e flavonoides (SIMÕES *et al.*, 2004).

2. REFERENCIAS

1. ALBERTS, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M. ROBERTS, K.; WALTER, P. **Fundamentos da Biologia Celular**. 2º ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
2. AMARAL, F.M.M.; RIBEIRO, M.N.S.; BARBOSA-FILHO, J.M.; REIS, A.S.; NASCIMENTO, F.R.F.; MACEDO, R.O. Plants and chemical constituents with giardicidal activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16. p.696-720, 2006.
3. AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; CASTRO, M.R.S.; LADEIRA, I.R. Características produtivas do repolho em função de espaçamentos e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.266-270, abr-jun. 2005.
4. AVALHÃES, C.C.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; ROZANE, D.E.; CORREIA, M.A.R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, p. 21-28, 2009.
5. BARATA, E.N.; MUSTAPARTA, H.; PICKETT, J.A.; WADHAMS, L. & ARAÚJO, J. Encoding of host and non-host plant odours by receptor neurones in the eucalyptus woodborer, *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae). **Journal of Comparative Physiology A**, v.188, p.121-133, 2002.
6. BAJPAI, V.K.; KANG, S.C.; BAEK, K.H. Microbial fermentation of cabbage by a bacterial strain of *Pectobacterium atrosepticum* for the production of bioactive material against *Candida* species. **Journal de Mycologie Médicale**, v. 22, p. 21-29, 2012.
7. BIAVATTI, M.W.; MARENSI, V.; LEITE, S.N.; REIS, A. Ethnopharmacognostic survey on botanical compendia for potential cosmeceutic species from Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17. p.640-653, 2007.
8. CAMARGO, L.S. Adubação de Repolho. **Bragantia**, v.10, n.3, p.69-77, 1950.
9. CHENG, S.S.; AGUIAR, J.L. Comportamento de nove híbridos de repolho na baixada do sul de Minas. **Revista Olericultura**, v.16, p.176-177, 1976.
10. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. Disponível em: http://www.cpafrf.embrapa.br/embrapa/attachments/194_2cit_0072002_repolho_joaci.pdf. Acesso em: 01 Dez 2013.
11. EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, p. 403, 2006.

12. FARAG, M.A.; MOTAAL, A.A. Sulforaphane composition, cytotoxic and antioxidant activity of crucifer vegetables. **Journal of Advanced Research**, v.1, p. 65–70, 2010.
13. FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Vicoso: UFV.p.421, 2008
14. GONÇALVES, F.C.; NEVES, O.S.; CARVALHO, J.C. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agrônômica Brasileira**, v.41, n.6, p.1053-1057, 2006.
15. HOLST, B.; WILLIAMSON, G. A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. **Natural Product Reports**, v.21, p.425-447, 2004.
16. JAISWAL, A.K.; ABU-GHANNAM, N.; GUPTA, S. A comparative study on the polyphenolic content antibacterial activity and antioxidant capacity of different solvent extracts of Brassica oleracea vegetables. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, p.223–231, 2012.
17. LIN, J.Y.; LI, C.Y.;HWANG, I.F. Characterisation of the pigment components in red cabbage (*Brassica oleracea* L. var.) juice and their anti-inflammatory effects on LPS-stimulated murine splenocytes. **Food Chemistry**, v. 109, p. 771–781, 2008.
18. MACEDO, A.A.; CARRIJO, I.V.; BANJA, W.H. Avaliação de híbridos e cultivares de repolho. **Revista Olericultura**, v.16, p.173-175, 1976.
19. MAPELI, N.C.; VIEIRA, M.C.; HEREDIA Z.N.A.; SIQUEIRA, J.M. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.32-37, 2005.
20. MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition**. Bern. International Potash Institute, 1978.
21. MOREIRA, M.A.; VIDIGAL, S.M. SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, M.R. Crescimento e produção de repolho em função das doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 117-121, 2011.
22. MOTA, G.M.F.; SOUSA, E.R.; RANAL, M.A. Resposta da couve-da-Malásia (*Brassica chinensis* L. var. parachinensis (Bailey) Sinskaja) à deficiência nutricional. **Acta Scientiarum Agronomy Maringa**, v. 31, n. 2, p. 321-329, 2009.
23. PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora Unesp. p.407, 2008.
24. ROSA, M.B. et al. Estudo espectrofotométrico da atividade fotoprotetora de extratos aquosos de *Achillea Millefolium*, *Brassica oleracea* var *capitata*, *Cyperus Rotundus*, *Plectranthus Barbatus*, *Porphyllum Ruderale* (Jacq) Cass e *Sonchus oleraceus*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 1, 101-110, 2008.

25. SILVA JÚNIOR, A.A.; MIURA, L.; YOKOYAMA, S. Repolho: novas cultivares de verão. **Agropecuária Catarinense**, v.1, n.3, p.47-49, 1988.

26. SIMÕES, C.O., SCHENKEL, E. P., GOSMÃO, G., MELLO, J. C. P., MENTZ, L.A., PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da Planta ao Medicamento**. 5ªed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2004.

3. CAPÍTULOS

3.1. Produtividade e presença de compostos secundários polares em repolho em função das doses de nitrogênio

RESUMO

O uso de nitrogênio é conhecido por proporcionar aumento na produtividade de diversas culturas, favorecendo o crescimento vegetativo. Objetivou-se com este trabalho verificar a influência da adubação nitrogenada na produtividade do repolho e na produção de metabólitos secundários no norte do Espírito Santo. Foram cultivadas trinta e seis plantas por parcela no espaçamento de 0,35 x 0,35 m, em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram feitos com uréia nas doses de 0, 75, 150, 225 e 300 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Na colheita, que ocorreu aos 83 dias após o transplântio, foram retiradas 04 plantas centrais de cada parcela e avaliadas as características produtividade, massa fresca da cabeça, diâmetro da cabeça, número de folhas externas, índice de formato, relação comprimento do coração sobre diâmetro da cabeça, teor de massa seca e de nitrogênio total da cabeça e das folhas externas e metabólitos secundários. Com exceção do índice de formato, as demais características avaliadas apresentaram diferenças estatísticas nas análises de regressão. A produtividade aumentou proporcionalmente com o aumento no fornecimento de nitrogênio, com a dose de 300 kg.ha⁻¹ alcançou o valor de 62,32 t.ha⁻¹. Com essa dose foi possível produzir cabeças de repolho com características dentro da preferência do consumidor brasileiro. Os metabólitos secundários polares foram encontrados em maior quantidade nas folhas externas, na dose de 150 kg N.ha⁻¹. Com foco na produtividade, recomenda-se para o cultivo do híbrido de repolho Astrus Plus no norte do estado do Espírito Santo a adubação de 300 kg.ha⁻¹ de nitrogênio.

Palavras – chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, Nutrição mineral, Astrus plus

ABSTRACT

The use of nitrogen is known to provide increased productivity of several crops , favoring vegetative growth . The objective of this study was to investigate the influence of nitrogen fertilization on cabbage and production of secondary metabolites in the north of the state of Espírito Santo . Thirty-six plants were grown per plot at a spacing of 0.35 x 0.35 m , in a randomized block design (RBD) with four replications . Treatments were made with urea at rates of 0 , 75 , 150 , 225 and 300 kg ha⁻¹ of nitrogen . Which occurred at 83 days after transplanting , plants were taken from 04 plants of each plot and assessed productivity features, head fresh weight , head diameter , number of outer leaves , index format , relationship between lenght of heart and outer leaves, dry matter content and total nitrogen of the head and the outer leaves and secondary metabolites . Except shape index , the other characteristics evaluated statistical differences in the regression analyzes . The yield increased proportionally with the increase in the supply of nitrogen at rate of 300 kg ha⁻¹ reached a value of 62.32 t.ha⁻¹ . With this dose was possible to produce cabbage heads with characteristics within the preference of the Brazilian consumer . Polar secondary metabolites were found in greater amounts in outer leaves , at a dose of 150 kg. ha⁻¹ . With a focus on productivity , it is recommended for the cultivation of hybrid cabbage Astrus Plus in north state of Espírito Santo state fertilizing with 300 kg ha⁻¹ of nitrogen .

Keywords - Keywords: *Brassica oleracea* var . *capitata* , Mineral nutrition , plus Astrus

INTRODUÇÃO

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma planta herbácea, folhosa, e com grande aplicabilidade por apresentar um alto valor nutritivo e alta concentração de proteínas, ácido ascórbico e cálcio (LÉDO *et al.*, 2000). A alta ingestão desses vegetais está associada ao risco reduzido de câncer, particularmente de pulmão e do trato gastrointestinal. A literatura epidemiológica reforça a hipótese de que alta ingestão de *Brassicac*s reduz o risco do câncer de próstata (KRISTAL & LAMPE, 2002).

No Brasil, o repolho é a brássica mais consumida e sua produção se concentra próxima às capitais e nas regiões serranas, sendo o cultivo realizado tanto por meio da agricultura familiar quanto pelos grandes produtores de hortaliças (ABCSEM, 2013). No Espírito Santo é a terceira cultura olerícola de maior expressão, sendo precedida pelo tomate e taro, ocupando uma área de 1.389ha (IBGE, 2010).

A nutrição mineral é essencial para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, que, além de fatores como água, luz e gás carbônico, depende de um fluxo contínuo de sais minerais (EPSTEIN & BLOMM, 2006). Os nutrientes são importantes porque exercem funções específicas nas plantas, sendo divididos em: estruturais, ativadores enzimáticos e constituintes de enzimas. Eles garantem o adequado crescimento, desenvolvimento e produção, além de aumentar a resistência da planta ao ataque de pragas e doenças (FILGUEIRA, 2008).

O nitrogênio (N) é um nutriente importante para o cultivo de repolho, uma vez que proporciona respostas positivas na produtividade com aplicações crescentes (CAMARGO, 1950; AQUINO *et al.*, 2005; FILGUEIRA, 2008; MOREIRA *et al.*, 2011). É o mineral mais exigido pela maioria das plantas, podendo ser absorvido como nitrato ou amônio, geralmente predominando o nitrato. Além disso, apresenta mobilidade tanto no solo quanto na planta (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Influência tanto a formação de estruturas vegetativas, quanto o florescimento e desenvolvimento de frutos, sendo um elemento integral de compostos carbônicos e constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e nucleotídeos. (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Segundo VITOR *et al.* (2009), a

adubação nitrogenada favoreceu a produção total de proteína bruta em pastagem de capim-elefante. Outro trabalho realizado demonstrando a importância do nitrogênio na formação de moléculas orgânicas na planta mostrou que a nutrição de nitrogênio elevou o teor da enzima nitrato redutase no milho, sendo a dose ótima igual a 100Kg de N/ha (SILVA *et al.*, 2011).

A clorofila e a enzima rubisco são as principais moléculas em que o N entra na composição. Assim, sua deficiência provoca a redução da taxa fotossintética, além de outras funções importantes, como absorção de nutrientes, crescimento e divisão celular. O resultado disso é revelado no desenvolvimento retardado das plantas e clorose generalizada das folhas (MARTINEZ & CLEMENTE, 2011).

Estudos feitos com repolho (*B. oleracea var. capitata*) mostraram que o aumento das concentrações de nitrogênio na adubação de repolho, aumenta proporcionalmente a produção de massa de matéria fresca da cabeça, sendo a dose ótima em torno de 277,8 kg N ha⁻¹. Já a omissão do nitrogênio na adubação diminui o desenvolvimento das plantas, afetando o tamanho do caule, número de folhas e altura das hortaliças, o que, conseqüentemente, reduz a produção de matéria seca (AVALHÃES *et al.*, 2009; MOREIRA *et al.*, 2011). Por outro lado, o excesso de nitrogênio favorece o crescimento exagerado das folhas, e diminui os teores de vitamina C e açúcar e a massa de matéria seca da cabeça (DIN *et al.*, 2007; KANO *et al.*, 2007).

A nutrição mineral também pode interferir na composição química das plantas, uma vez que a deficiência ou o excesso de nutrientes pode interferir na produção de biomassa e na quantidade de princípio ativo. O metabolismo secundário é responsável pela síntese de princípios ativos nas plantas e pode ser regulada tanto por fatores genéticos quanto ambientais. (GOBBO-NETO, 2007)

Deficiências em nitrogênio, enxofre, potássio e fósforo geralmente resultam em maiores concentrações dos metabólitos derivados do ácido chiquímico, enquanto os derivados do mevalonato parecem não mostrar correlações consistentes com variações na disponibilidade destes nutrientes (ZHENG & WU, 2004). Os glicosinolatos são compostos nitrogenados que apresentam enxofre em sua estrutura, encontrados em brócolis, couve e repolho,

e apresentam atividade anticarcinogênica e antimutagênica (MITHEN *et al.*, 2000).

Além dos glicosinolatos, os compostos fenólicos são metabólitos secundários amplamente encontrados nas brássicas, principalmente taninos e alcaloides, e possuem como principal ação a atividade antioxidante e cicatrizante (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi analisar os parâmetros de produtividade e qualidade da *Brassica oleracea* var. *capitata* submetida à adubação nitrogenada, bem como sua influência na produção de metabólitos secundários polares nas folhas externas e cabeça.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental do curso de agronomia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES-UFES), entre os meses de maio e setembro. O preparo de solo ocorreu com aração e gradagem. A calagem foi feita 3 meses antes do plantio de acordo com a análise de solo que apresentou os valores químicos (Tabela 1) e físicos. Para a análise física temos textura franco argilo arenosa, com 64% de areia, 7% de silte e 29% de argila.

TABELA 1. Características do solo antes do preparo dos experimentos. São Mateus – ES, CEUNES/UFES, 2014.

Item	pH (H ₂ O)	P	K	B	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V	M.O
		mg.dm ⁻³			cmol.dm ⁻³						(%)	
SOLO	5,1	2,4	1	0,18	1,1	0,3	0,3	3,5	1,4	4,9	29,3	1,9

Foram utilizadas sementes do híbrido Astrus plus da Seminis®. As mudas foram produzidas sob ambiente protegido, em bandeja de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato agrícola comercial Bioplant. Após 30 dias, com o desenvolvimento de 4 a 5 folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para o campo.

Os canteiros foram feitos nas dimensões de 2,1 x 2,1 m com distância de 0,5 m entre eles. O espaçamento das plantas foi de 0,35 x 0,35 m, com 36

plantas por parcela. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo cada parcela representada por um canteiro.

As adubações de plantio foram realizadas 07 dias antes do transplântio (DAT) das mudas com 40-300-150 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), respectivamente, de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI *et al.*, 2007). Os tratamentos para o estudo com nitrogênio foram feitos com uréia nas doses de 0, 75, 150, 225 e 300 kg.ha⁻¹ de N. Com exceção do tratamento com 0 kg.ha⁻¹, os demais receberam 40 kg.ha⁻¹ de N na adubação de plantio. A quantidade de nitrogênio restante para completar os tratamentos foi dividida em 03 parcelas de adubações de cobertura, aos 15, 40 e 60 DAT, respectivamente nas proporções de 40, 30 e 30%. As adubações de cobertura de potássio em um total de 120 kg.ha⁻¹, também seguiram essa metodologia de distribuição, ou seja, 48, 36 e 36 kg.ha⁻¹ de K aos 15, 40 e 60 DAT, respectivamente.

A irrigação foi feita por aspersão em complemento às chuvas (Tabela 2). As temperaturas máxima, mínima e média mensal registradas no período de condução do experimento encontram-se na Tabela 3.

TABELA 2. Quantidade de chuvas em mm registradas no período de cultivo de repolho adubado com doses de nitrogênio. São Mateus - ES, CEUNES/UFES, 2013.

Meses	Total de Chuvas
Maio	52,2
Junho	20,4
Julho	80,6
Agosto	63,0
Setembro	74,2
Outubro	101,0

TABELA 3. Temperaturas máxima, mínima e média em °C registradas no período de cultivo de repolho adubado com doses de nitrogênio. São Mateus - ES, CEUNES/UFES, 2013

Meses	Máxima	Mínima	Média
Maio	28,3	19,3	23,8
Junho	28,0	18,9	23,5
Julho	27,0	18,1	22,6
Agosto	26,0	17,4	22,0
Setembro	27,2	18,6	22,9
Outubro	27,2	19,3	23,3

Na colheita, que ocorreu aos 83 DAT, foram retiradas 04 plantas centrais de cada parcela e avaliadas as características produtividade, calculada pela relação entre produção e área de cultivo, a área ocupada por cada planta foi de 0,1878 m² considerando o espaçamento entre plantas e a dimensão e distância entre canteiros; massa fresca da cabeça (MFC), medida em gramas em balança eletrônica; diâmetro da cabeça (DC), diâmetro longitudinal medido internamente com régua; número de folhas externas (NFE) por contagem direta; índice de formato (IF) medido pela relação entre diâmetro longitudinal e altura da cabeça, relação comprimento do coração sobre diâmetro da cabeça (Relação C/D). A medição de DC, IF e CD foram realizados por medidas internas após o corte ao meio da cabeça de repolho.

Em seguida, foram selecionados 500g de material vegetal da cabeça e das folhas externas para a secagem em estufa de circulação forçada a 40°C por 10 dias. As amostras foram pesadas, trituradas em moinho de facas e submetidas à análise de nutrientes e concentração de metabólitos secundários. O teor de nitrato foi feito de acordo com CATALDO *et al.* (1975) e nitrogênio total segundo EMBRAPA (2009).

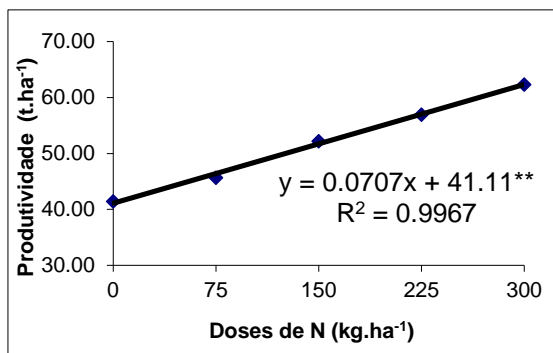
Para a análise da concentração de metabólitos secundários foi feito inicialmente o preparo dos extratos por maceração hidroalcoólica na proporção 1:10 durante 24 horas e ultrassonicação por 60 minutos em temperatura ambiente (Bandelin Sonorex Super – RK 510H). Em seguida, o material foi

filtrado em filtro de papel e submetido à análise espectrofotométrica em espectrômetro Perkin Elmer – Lambda 16, usando cubeta de quartzo de 1 cm de caminho óptico com varredura de 200 a 700 nm, com intervalos de 2nm, utilizando alíquotas de 1mL de cada extrato à 10% diluídas 50 vezes. O estudo do perfil cromatográfico dos metabólitos secundários presentes na *Brassica oleracea* var. *capitata*, foi utilizado um cromatógrafo líquido Dionex com eluição isocrática de 60:40 (metanol: água), fluxo de 1ml.min⁻¹, com injeção manual, coluna C-18 (à 25°C); 5µm; 120 Å; 4,6x150 mm, detecção UV em 254nm, controlado por software Chromeleon 6.7 com corrida de 10 minutos. Antes da injeção as amostras foram diluídas 100 vezes com o solvente hidroalcoólico.

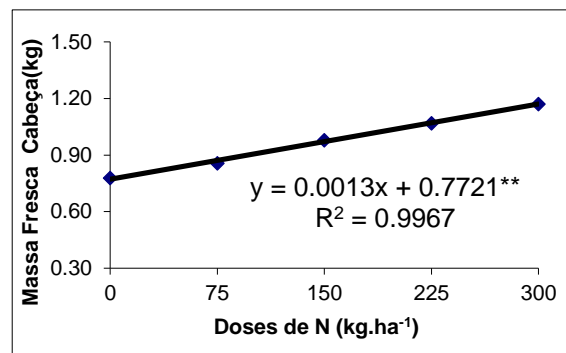
Os efeitos da adubação nas características das plantas foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste F e, nos casos em que houve significância das doses de nitrogênio, utilizou-se a análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

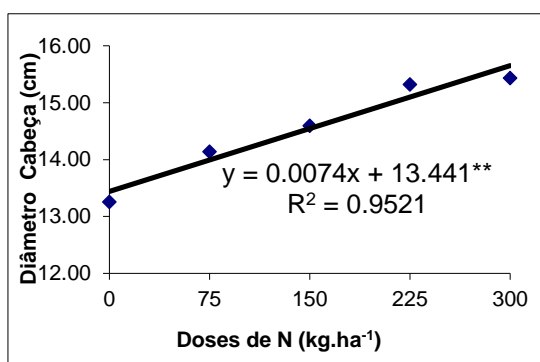
A análise de variância da adubação nitrogenada, com desdobramento do efeito das doses de N em regressão foi significativa para a maior parte dos parâmetros estudados. As variáveis produtividade, massa fresca das cabeças, diâmetro da cabeça, número de folhas externas, massa seca da cabeça e das folhas externas, teor de nitrogênio total na cabeça e nas folhas externas mostraram repostas lineares, enquanto relação altura do coração sobre diâmetro da cabeça apresentou efeito quadrático. A variável IF não apresentou resultados significativos (Figura 1).



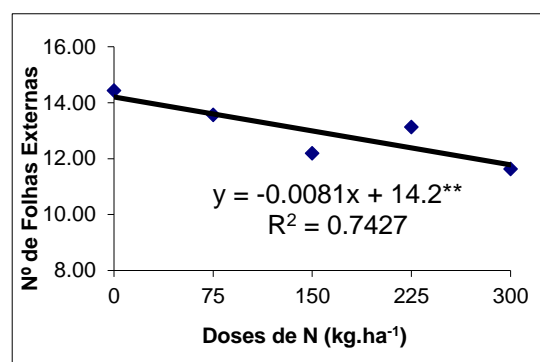
1a



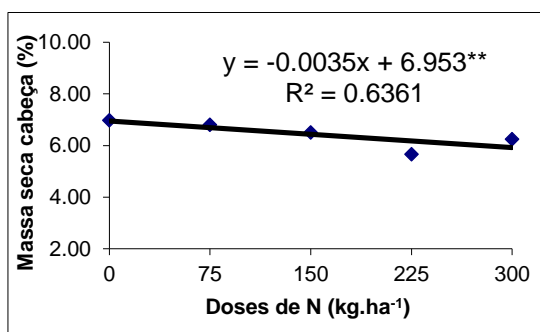
1b



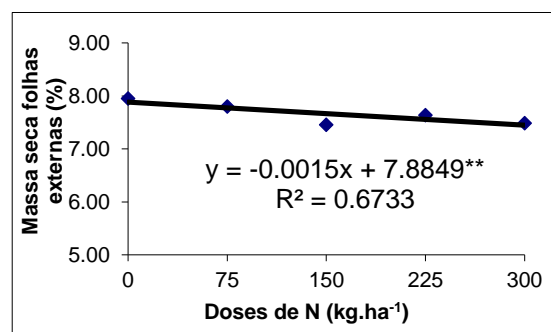
1c



1d



1e



1f

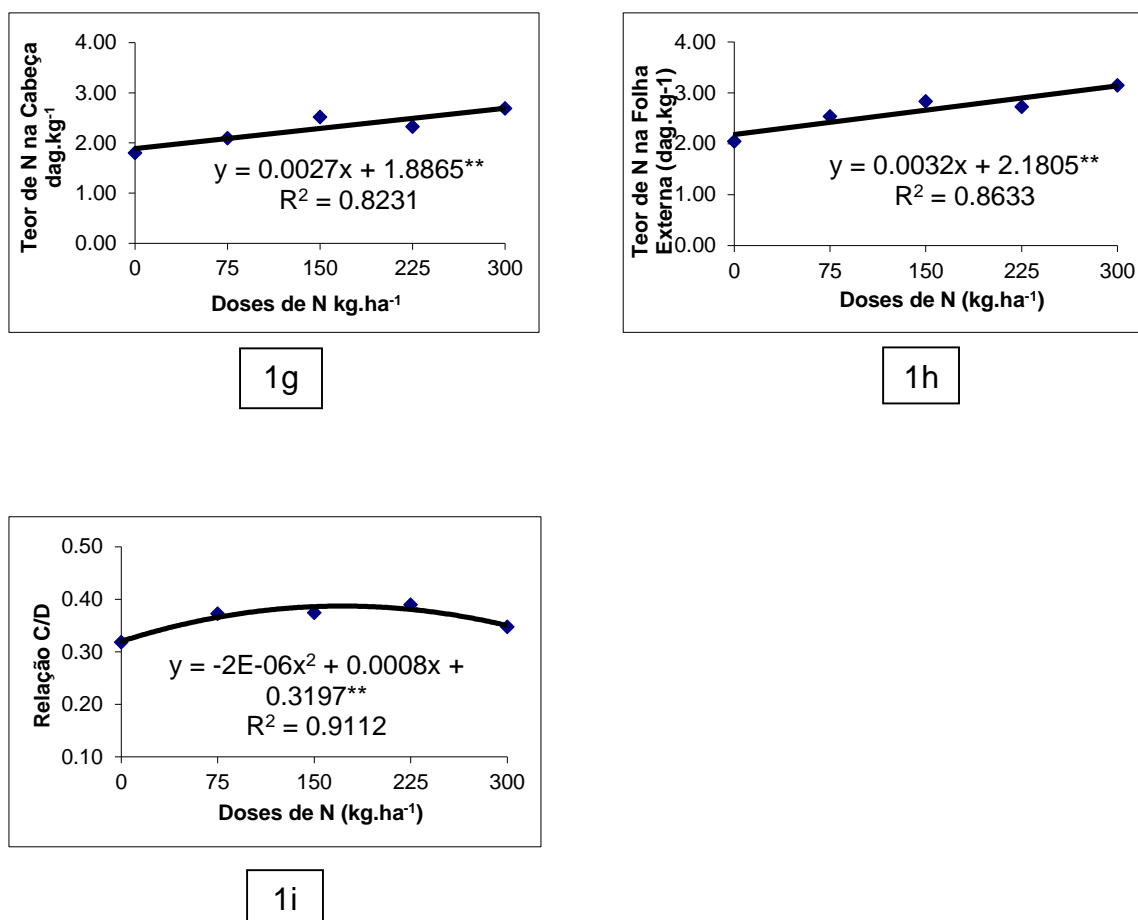


FIGURA 1. Produtividade (1a), massa fresca da cabeça (1b), diâmetro da cabeça (1c), número de folhas externas (1d), massa seca da cabeça (1e), massa seca das folhas externas (1f), teor de nitrogênio na cabeça (1g), teor de nitrogênio nas folhas externas (1h) e relação altura do coração e diâmetro da cabeça (C/D) (1i) em função das doses de nitrogênio.

A produtividade aumentou proporcionalmente com o aumento no fornecimento de nitrogênio, alcançando na dose de 300 kg.ha⁻¹ o valor de 62,32 t.ha⁻¹. Uma produtividade dentro do esperado, pois de acordo com FILGUEIRA (2008), a produtividade de repolho é variável, mas geralmente superior a 50 t.ha⁻¹. Resposta linear para a produtividade foi também encontrada por CAMARGO *et al.* (2008) para couve-flor com resposta máxima para o experimento na dose de 270 Kg.ha⁻¹. Entretanto, AQUINO *et al.* (2005) relacionando doses de nitrogênio e espaçamento encontrou resposta quadrática para a produtividade do repolho, com produção máxima de 104, 27 t.ha⁻¹ para o híbrido Kenzan no

espaçamento 40 x 30 cm, dose de 267 Kg.ha⁻¹ entre os meses de setembro e dezembro.

Vários autores têm verificado que a fertilização nitrogenada aumenta o rendimento de cabeça em condições de campo (DIN *et al.*, 2007; MOREIRA *et al.*, 2011). A intensidade e o tipo de resposta encontrados pode ser variável com diversos fatores, dentre eles a época do ano (WESTERVELD *et al.*, 2004), a cultivar e o espaçamento (AQUINO *et al.*, 2005), fato que pode explicar a diferente resposta entre os trabalhos. Em todos os tratamentos a produtividade total foi superior à média obtida para o estado do Espírito Santo em 2010, que foi de 40 ton/ha (IBGE, 2010).

Os resultados positivos para a produção de repolho podem ser explicados pela utilização de um cultivar híbrido, que são exemplares mais resistentes, adaptáveis e com melhores taxas de desenvolvimento e produtividade (AMBROSIO & MOURA, 1999; CARVALHO & IKUTA, 2003). O Astrus é um híbrido brasileiro, que produz cabeças redondas, resistente a rachaduras, murcha de *Fusarium*, podridão negra e ao calor (EMBRAPA, 2002).

O aumento da massa fresca das cabeças com o incremento das doses de nitrogênio ajustadas em modelo linear, demonstram que há um crescimento da produção em relação ao maior fornecimento de nitrogênio. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por CAMARGO *et al.* (2008) para couve-flor utilizando doses de nitrogênio entre 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ e KANO *et al.* (2010) também para a couve-flor com as doses de 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹. Além disso, as médias de MFC encontradas nas doses de 225 e 300 kg ha⁻¹ foram, respectivamente, iguais a 1,06 e 1,16 kg, se enquadrando nas exigências do mercado consumidor, com valores de 1,0 kg a 1,5 kg para peso das cabeças (AQUINO *et al.*, 2005), demonstrando que para a comercialização do produto, seria recomendável a utilização destas doses.

A variável diâmetro da cabeça obteve resposta quadrática, com maior média encontrada igual a 15,66 cm na dose de 300 kg.ha⁻¹. Respostas semelhantes foram encontradas por MOREIRA *et al.* (2011) para o híbrido Shutoku, com 12,7 cm na dose de 277,8 kg N ha⁻¹ entre os meses de julho e outubro. CARVALHO *et al.* (2008), descrevem que no estágio IX de desenvolvimento, no momento da colheita, os repolhos comerciais atingem uma média de 15,25 a 30,48 cm de diâmetro.

O parâmetro número de folhas externas apresentou o menor valor de 11,77 folhas para uma adubação com nitrogênio de 300 kg.ha⁻¹. Observou-se que com o aumento das doses de nitrogênio ocorreu um decréscimo em função linear para o número de folhas externas. Como a produtividade e a massa fresca da cabeça foram linearmente positivas, observa-se que com o aumento das doses de nitrogênio tem-se um ajuste favorável para a formação da cabeça, ou seja, o produto comercial está sendo beneficiado com o aumento das doses de nitrogênio.

As massas secas da cabeça e das folhas externas atingiram os menores valores na dose de 300 kg.ha⁻¹ sendo respectivamente, de 5,90 e 7,43%. Esses valores indicam que as folhas da cabeça possuem maior teor de água que as folhas externas e, portanto, são mais suculentas e apropriadas para o consumo. Cabe também destacar que o aumento na dose de nitrogênio favorece essa relação.

O teor de nitrogênio total alcançou na maior dose de 300 Kg.ha⁻¹ os valores de 2,30 e 3,14 dag.kg⁻¹, para a cabeça e folhas externas, respectivamente. O maior valor encontrado para estas últimas, provavelmente, se deve ao fato de que apesar do repolho ser constituído apenas de folhas, as folhas externas exercem a função de fonte enquanto as folhas que formam a cabeça funcionam como drenos. Maior equilíbrio dessa razão ocorre quando as folhas entram em senescência e o nitrogênio é transferido das folhas para órgãos reprodutivos ou em crescimento (FERNANDES, 2006). De acordo com TRANI & RAIJ (1996), a faixa adequada para teores de N foliar é de 3,0 a 5,0 dag kg⁻¹, portanto os valores encontrados estão dentro da faixa adequada. Resposta linear para o teor de N total também foi encontrado por AQUINO *et al.* (2009) utilizando as mesmas doses de nitrogênio, mas com diferente tipo de cultivar.

A relação entre o comprimento do coração sobre o diâmetro longitudinal apresentou comportamento quadrático, com máximo de 0,40 alcançado com a dose de 200 kg.ha⁻¹ de N. Este valor é considerado satisfatório, pois valores elevados próximo a 1,0 indicam diminuição da qualidade do produto, afetando sua duração comercial e aumentando a probabilidade de rachadura (LEDO *et al.*, 2000).

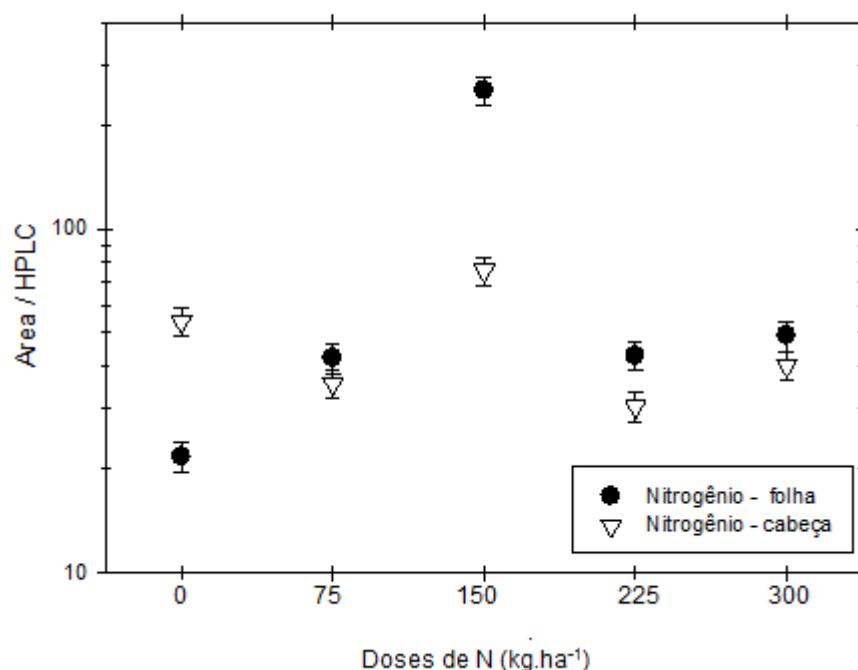


FIGURA 2. Efeito da adubação nitrogenada na produção de metabólitos secundários polares em amostras de folha e cabeça de *Brassica oleracea* var. *capitata*.

Os resultados obtidos para a relação entre a concentração de compostos majoritários polares cabeça/folha nas plantas adubadas com nitrogênio foram iguais a: T1 = 2,483; T2 = 0,843; T3 = 0,298; T4 = 0,711 e T5 = 0,819, sendo a média entre os valores igual a 1,289.

O menor valor encontrado para o T3 mostra que a adubação com 150 Kg de N.ha⁻¹ promoveu a maior concentração de metabólitos secundários polares na *Brassica oleracea* var. *capitata*. Resposta semelhantes foi encontrada por OMIROU *et al.* (2012). À medida que a disponibilidade de nutrientes aumenta, é atingido um ponto no qual uma adição continuada de nutrientes não mais se relaciona ao incremento no crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Além disso, foi observado que o teor de compostos majoritários polares foi superior nas folhas. Nas plantas, à medida que o suprimento de nitrato aumenta, o mesmo é translocado para a parte aérea onde é assimilado ou armazenado nos vacúolos. Em geral, espécies nativas de clima temperado

assimilam mais nitrato pelas raízes que as de clima tropical e subtropical (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Por ser um nutriente altamente móvel, o nitrogênio presente nas folhas podem ser transferidos durante a senescência destes tecidos para órgãos reprodutivos ou em crescimento (SOUSA & FERNANDES, 2006).

O método de extração e caracterização da *Brassica oleracea* var. *capitata* utilizado neste experimento, com eluente hidroalcoólico, favoreceram a obtenção de compostos majoritários polares, por isso, pode-se supor que os picos obtidos através da análise cromatográfica eram formados principalmente por compostos fenólicos e glicosinolatos, uma vez que estes compostos são solúveis em água e solventes orgânicos polares (SIMÕES *et al.*, 2004).

Glicosinolatos e polifenóis apresentam hidrofiliabilidade de moderada a alta dependendo dos grupamentos ligados às suas moléculas e podem ser extraídos com solvente polares como água e etanol (HAVSTEEN, 2002; LEONI *et al.*, 2003).

Os resultados obtidos a partir do experimento mostram que, para as condições de campo apresentadas, a adubação nitrogenada influenciou tanto os parâmetros de produtividade quanto os de qualidade citados. As melhores respostas foram obtidas com a dose de 300 kg.ha⁻¹, destacando a maior produtividade e menor número de folhas externas, o que leva melhor aproveitamento da cultura pelos produtores. Em relação aos metabólitos secundários produzidos, a metodologia utilizada favoreceu a extração e caracterização de compostos polares, como polifenóis e glicosinolatos, característicos de plantas pertencentes à família das *Brássicas*. O maior teor de metabólitos secundários polares encontrados nas folhas externas mostra o armazenamento dos compostos neste órgão.

REFERÊNCIAS

1. ABCSEM – Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/anteriores/2013-01/index.php?referencia=Especial02>. Acesso em: 04 Dez. 2013.
2. AMBRÓSIO, F. J.; MOURA, M. C. C. L. Avaliação de híbridos experimentais e comercial de repolho para a ilha de São Luís-MA. **Pesquisa Foco**, v. 7, n.9, p. 7-19, 1999
3. AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; CASTRO, M.R.S.; LADEIRA, I.R. Características produtivas do repolho em função de espaçamentos e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.266-270, abr-jun. 2005.
4. AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; LÉLIS, M. M.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F. Produção de biomassa, teor e exportação de macronutrientes em plantas de repolho em função de doses de nitrogênio e de espaçamentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1295-1300, 2009.
5. AVALHÃES, C.C.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; ROZANE, D.E.; CORREIA, M.A.R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, p. 21-28, 2009.
6. CAMARGO, L.S. Adubação de Repolho. **Bragantia**, v.10, n.3, p.69-77, 1950.
7. CAMARGO MS; MELLO SC; FOLTRÁN DE; CARMELLO QAC. Produtividade e podridão parda em couve-flor de inverno influenciadas pelo nitrogênio e boro. **Bragantia**, v.67, p.371-375, 2008.
8. CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80, 1975.
9. CARVALHO, R.I.N.; IKUTA, A.R.Y. Competição entre cultivar e híbridos de repolho no município de Piraquara, PR. **Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, n.2, p.33-36, 2003.
10. CARVALHO, A.C.; BARRETO, M. B.; OLIVEIRA, T.G.; LIMA, J.M.; ROSA, M.B. Estudo espectrométrico de diferentes estágios fenológicos da *Brassica oleracea* var. *capitata*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.2, p.249-257, 2008.

11. DIN M; QASIM M; ALAM M.. Effect of different levels of N, P and K on the growth and yield of cabbage. **Journal of Agriculture Research**, v.45, n.1, p.171-176, 2007.
12. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. Disponível em: http://www.cpafrf.embrapa.br/embrapa/attachments/194_2cit_0072002_repolho_joaci.pdf. Acesso em: 01 Dez 2013.
13. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
14. EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, p. 403, 2006.
15. FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. (ed. FERNANDES, M.S.) SBCS: Viçosa. p.215-253, 2006.
16. FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Vicosá: UFV.p.421, 2008.
17. GIORDANO, L.B.; SILVA, N.; CORDEIRO, C.M.T. Experimentos comparativos entre híbridos e cultivares de repolho. **Horticultura Brasileira**, v.3, n.1, p. 29-31, 1985.
18. GOBBO-NETO, L; NORBERTO, P. L. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
19. HAVSTEEN, B. H. The biochemistry and medical significance of the flavonóides. **Pharmacology & Therapeutics**. v.96, n. 3, p. 67– 202, 2002.
20. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Santa_Teresa.pdf. Acesso em: 04 Dez. 2013.
21. KANO Y; NAKAGAWA H; SEKINE M; GOTO H; SUGIURA A. Effect of nitrogen fertilizer on cell size and sugar accumulation in the leaves of cabbage (Brassica oleracea L.). **HortScience**, v.42, n.3, p.1490-1492, 2007.
22. KANO C; SALATA AC; CARDOSO AII; EVANGELISTA RM; HIGUTI ARO; GODOY AR. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p. 453-457, 2010.

23. KRISTAL, A.R.; LAMPE, J.W. Brassica vegetables and prostate cancer risk: a review of the epidemiological evidence. **Nutrition and Cancer**, v.42, p.1–9, 2002.
24. LÉDO, F.J.S.; SOUZA, J.A.; SILVA, M.R. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, v.18, p. 138-140, 2000.
25. LEONI, O.; CINTI, S.; ALIANO, N.; TITTONEL, E. D. A rapid chromatographic method for determining the glucosinolate content in crambe seed. **Plant Breeding**. v. 122, n.2, p.517—520, 2003.
26. MARTINEZ, H.P.M.; CLEMENTE, J.M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**: UFV, p. 76-81, 2011.
27. MITHEN, R.F; DEKKER, M., RUUD VERKERK, R. SYLVIE RABOT, S.; JOHNSON, I.T. The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. **Journal Science Food Agriculture**, v.80. p.967-984, 2000.
28. MOREIRA, M.A.; VIDIGAL, S.M. SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, M.R. Crescimento e produção de repolho em função das doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 117-121, 2011.
29. MOTA, G.M.F.; SOUSA, E.R.; RANAL, M.A. Resposta da couve-da-Malásia (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja) à deficiência nutricional. **Acta Scientiarum Agronomy Maringa**, v. 31, n. 2, p. 321-329, 2009.
30. OMIROU, M.; PAPASTEFANOU, C.; KATSAROU, D.; PAPASTYLIANOU, I.; PASSAM, H.C.; EHALIOTS, C.; PAPADOPOULOU, K.K. Relationships between nitrogen, dry matter accumulation and glucosinolates in *Eruca sativa* Mills. The applicability of the critical NO₃-N levels approach. **Plant Soil**, v.354, p.347–358, 2012.
31. PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aprox. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.
32. SILVA JÚNIOR, A.A.; MIURA, L.; YOKOYAMA, S. Repolho: novas cultivares de verão. **Agropecuária Catarinense**, v.1, n.3, p.47-49, 1988.
33. SILVA, S.M.; OLIVEIRA, L.J.; FARIA, F.P.; REIS, E.F.; CARNEIRO, M.A.C.; SILVA, S.M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p. 15-21, 2011.
34. SIMÕES, C.O., SCHENKEL, E. P., GOSMÃO, G., MELLO, J. C. P., MENTZ, L.A., PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da Planta ao Medicamento**. 5ªed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2004.
35. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 2004.

36. TRANI PE; RAIJ B van. 1996. Hortaliças. In: RAIJ B van; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC: 157-185.
37. VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; JÚNIOR, D.N.; JÚNIOR, J.I.R. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.
38. WESTERVELD, S.M.; MCKEOWN, A.W.; SCOTT-DUPREE, C.D. Assessment of chlorophyll and meters as field tissue nitrogen test for cabbage, onions and carrots. **HortTechnology**, v.14, p.179-188, 2004.
39. ZHENG, Z; WU, M. Cadmium treatment enhances the production of alkaloid secondary metabolites in *Catharanthus roseus*. **Plant Science**, v.166, p.507-514, 2004.

3.2. Produtividade e presença de compostos secundários polares em repolho em função das doses de boro

RESUMO

O boro é um nutriente importante para o cultivo do repolho e sua deficiência pode afetar a qualidade do produto final. Assim, o trabalho teve como objetivo verificar a influencia da adubação boratada na produtividade do repolho e na produção de metabólitos secundários no norte do Espírito Santo. Foram cultivadas trinta e seis plantas por parcela no espaçamento de 0,35 x 0,35 m, em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram 0, 2, 4, 6 e 8 kg de boro por hectare. Na colheita, que ocorreu aos 82 DAT, foram retiradas 04 plantas centrais de cada parcela e avaliadas as características produtividade, massa fresca da cabeça, diâmetro da cabeça, número de folhas externas, índice de formato, relação altura do coração sobre diâmetro da cabeça, teor matéria seca da cabeça e das folhas externas, de boro na cabeça e folhas externas e metabólitos secundários. Para produtividade, massa fresca da cabeça e diâmetro da cabeça foram obtidos os valores máximos de 46,12 t.ha⁻¹, 0,87 kg e 13,49 cm, respectivamente. Para o número de folhas foi obtido o valor mínimo de 14,31 folhas externas. Assim, para alcançar produtividade máxima e massa fresca máxima da cabeça é recomendado o uso de 4,08 kg.ha⁻¹ de boro. Os metabólitos polares produzidos se concentraram principalmente nas folhas externas da planta.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, Nutrição mineral, Metabólitos secundários.

ABSTRACT

Boron is important for growing cabbage nutrient and its deficiency can affect the quality of the final product . The purpose of this study was verify the influence of boron fertilization on yield of cabbage and production of secondary metabolites in the north of the state of Espírito Santo. Thirty-six plants were grown per plot at a spacing of 0.35 x 0.35 m , in a randomized block design with four replications . The treatments were control, 2, 4, 6 and 8 kg of boron per hectare. At harvest , which occurred at 82 DAT , plants were removed from 04 plants of each plot and assessed productivity features , head fresh weight , head diameter , number of outer leaves , format index , relationship between lenght of heart and outer leaves , dry matter yield of head and outer leaves of boron in the head and outer leaves and secondary metabolites . For yield , head fresh weight and diameter of the head the maximum values of 46.12 t ha⁻¹ , 0.87 kg, and 13.49 , respectively, were obtained . For the number of leaves was obtained the minimum value of 14.31 outer leaves . Thus to achieve maximum productivity and maximum head fresh weight is recommended the use of 4.08 kg ha⁻¹ of boron. The polar metabolites produced mainly concentrated in the outer leaves of the plant .

Keywords : *Brassica oleracea* var . *capitata* , Mineral nutrition , secondary metabolites .

INTRODUÇÃO

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma hortaliça pertencente à família Brassicacea, compreende aproximadamente 350 gêneros e 3000 espécies, distribuídas em todo o mundo. Constitui a família botânica que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar proeminente na olericultura brasileira (FILGUEIRA, 2008).

São plantas herbáceas, anuais, de baixo porte, folhas de tamanho médio a grande, arredondadas e cerosas, que se superpõem formando as “cabeças”. Seu ciclo varia entre 90 e 120 dias da sementeira à colheita e, dependendo do híbrido a planta pode se desenvolver em clima frio ou quente (APHORTESP, 2009).

O repolho é produzido em todos os estados brasileiros, predominando nas regiões Sudeste e Sul. A produtividade varia de 30 a 80 toneladas por hectare e essa variação está na dependência de variedades ou híbridos, da época do ano, da região onde se cultivam, da fertilidade do solo, da ocorrência ou não da doença e dos cuidados no preparo do solo, boa disponibilidade de água no solo e da condução da cultura (APHORTESP, 2009).

Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), em 2012 a produção de repolho no Brasil superou a margem de 1,3 milhão de toneladas produzidas em 2010/2011, gerando uma margem de lucro de mais de R\$ 406 milhões para o produtor.

De maneira geral, uma planta bem nutrida apresenta bons teores de nutrientes e consequentemente de produção. A nutrição mineral é essencial para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, que, além de fatores como água, luz e gás carbônico, depende de um fluxo contínuo de sais minerais (EPSTEIN, 2006). Os nutrientes são importantes porque exercem funções específicas nas plantas, sendo divididos em: estruturais, ativadores enzimáticos e constituintes de enzimas. Eles garantem o adequado crescimento, desenvolvimento e produção, além de aumentar a resistência da planta ao ataque de pragas e doenças (FILGUEIRA, 2008).

O boro (B) é um nutriente relevante no cultivo de repolho, pois pode afetar a qualidade de produto final uma vez que anomalias como cabeças pequenas, pouco compactas e com medula escurecida são características de deficiência de boro nas espécies de repolho (FILGUEIRA, 2008). No Brasil, a adubação das brássicas com boro é recomendada com frequência, já que resultados existentes indicam resposta positiva para utilização deste micronutriente (ALVARES *et al.*, 1985). A adubação com boro em repolho e couve flor proporcionou produção linear positiva em relação à concentração de B no solo (BERGAMIN *et al.*, 2005; PIZETTA *et al.*, 2005).

Os primeiros estudos acerca da essencialidade desse nutriente foram realizados por Warington (1923). Sabe-se que o boro está relacionado a diversos processos fisiológicos das plantas, atuando na regulação, síntese e estabilização das paredes celulares, divisão e alongação das células, diferenciação de tecidos, transporte de açúcares e metabolismo de ácidos nucléicos, auxinas, fenóis e nitrogênios (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O B é absorvido como ácido bórico ou ânion borato em solos com pH elevado, sendo que teores entre 30 e 50 mg.Kg⁻¹ são considerados ideais para o bom desenvolvimento das plantas. É considerado, juntamente com o cálcio, um nutriente imóvel no floema (MARTINEZ & CLEMENTE, 2011). Plantas cultivadas com quantidades adequadas de boro apresentam diminuição da concentração de B das folhas velhas para as folhas jovens. Além disso, sintomas de deficiência de boro ocorrem em tecidos meristemáticos, enquanto sintomas de toxicidade do nutriente ocorrem primeiro nas margens das folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995).

No Brasil, é comum a carência de B nos solos, principalmente nos arenosos e pobres em matéria orgânica (MALAVOLTA *et al.* 1997). Dentre os fatores que interferem na disponibilidade de boro no solo, pode-se destacar: a textura, quanto mais arenoso, menor é a disponibilidade do nutriente; a umidade, uma vez que sua redução no solo diminui a quantidade de boro disponível; a temperatura, que aumenta a adsorção de boro; e a concentração de matéria orgânica, que também torna maior a quantidade desse nutriente para as plantas (GOLDBERG, 1997).

A nutrição mineral também pode interferir na composição química das plantas, uma vez que a deficiência ou o excesso de nutrientes pode interferir na

produção de biomassa e na quantidade de princípio ativo. O metabolismo secundário é responsável pela síntese de princípios ativos nas plantas e pode ser regulada tanto por fatores genéticos quanto ambientais (MAPELI *et al.*, 2005). Há pouca informação disponível sobre os impactos de micronutrientes na produção de metabólitos secundários em plantas (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

Os glicosinolatos (GLs) fazem parte de um grande grupo de compostos que contém enxofre e que ocorrem em todas as variedades de Brassicas importantes comercialmente (MITHEN *et al.*, 2000). Dentre suas propriedades, incluem-se a ação direta ou indireta como antioxidantes, controle da apoptose e ciclo celular (MORENO *et al.*, 2006). Além dos glicosinolatos, os compostos fenólicos são metabólitos secundários amplamente encontrados nas brássicas, principalmente taninos e alcaloides, e possuem como principal ação a atividade antioxidante e cicatrizante (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

O objetivo deste trabalho foi analisar a resposta da produtividade e qualidade do repolho tratado com diferentes dosagens de boro, bem como sua influência na produção de metabólitos secundários polares nas folhas externas e cabeça das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental do curso de agronomia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES-UFES) durante os meses de junho e outubro. O preparo de solo ocorreu com aração e gradagem. A calagem foi feita 3 meses antes do plantio de acordo com a análise de solo que apresentou os valores químicos (Tabela 1) e físicos. Para a análise física temos textura franco argilo arenosa, com 64% de areia, 7% de silte e 29% de argila.

TABELA 1. Características do solo antes do preparo dos experimentos. São Mateus – ES, CEUNES/UFES, 2014.

item	pH (H ₂ O)	P	K	B	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V	M.O
		mg.dm ⁻³			cmol.dm ⁻³						(%)	
SOLO	5,1	2,4	1	0,18	1,1	0,3	0,3	3,5	1,4	4,9	29,3	1,9

Foram utilizadas sementes do híbrido Astrus plus da Seminis®. As mudas foram produzidas sob ambiente protegido, em bandeja de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato agrícola comercial Bioplant. Após 30 dias, com o desenvolvimento de 4 a 5 folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para o campo.

Os canteiros foram feitos nas dimensões de 2,1 x 2,1 m com distância de 0,5 m entre eles. O espaçamento das plantas foi de 0,35 x 0,35 m, com 36 plantas por parcela. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo cada parcela representada por um canteiro.

As adubações de plantio e cobertura foram feitas de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI *et al.*, 2007). Os valores das adubações de cobertura foram divididos em 40, 30 e 30% respectivamente aos 15, 40 e 60 dias após o transplante. A adubação com boro contendo os tratamentos foi realizada 16 dias após o transplante (DAT), representada por doses de 0, 2, 4, 6 e 8 kg de boro por hectare.

A irrigação foi feita por aspersão em complemento às chuvas (Tabela 2). As temperaturas máxima, mínima e média mensal registradas no período de condução do experimento encontram-se na Tabela 3.

TABELA 2. Quantidade de chuvas em mm registradas no período de cultivo de repolho adubado com doses de boro. São Mateus - ES, CEUNES/UFES, 2013.

Meses	Total de Chuvas
Maio	52,2
Junho	20,4
Julho	80,6
Agosto	63,0
Setembro	74,2
Outubro	101,0

TABELA 3. Temperaturas máxima, mínima e média em °C registradas no período de cultivo de repolho adubado com doses de boro. São Mateus - ES, CEUNES/UFES, 2013

Meses	Máxima	Mínima	Média
Maio	28,3	19,3	23,8
Junho	28,0	18,9	23,5
Julho	27,0	18,1	22,6
agosto	26,0	17,4	22,0
setembro	27,2	18,6	22,9
outubro	27,2	19,3	23,3

Na colheita, que ocorreu aos 82 DAT, foram retiradas 04 plantas centrais de cada parcela e avaliadas as características produtividade, massa fresca da cabeça, diâmetro da cabeça, número de folhas externas, índice de formato e relação comprimento do coração sobre diâmetro da cabeça.

Em seguida, foram selecionados 500g de material vegetal da cabeça e das folhas externas para a secagem em estufa de circulação forçada a 40°C por 10 dias. As amostras foram pesadas, trituradas em moinho de facas e submetidas à análise de nutrientes e concentração de metabólitos secundários. O teor de boro foi feito de acordo com EMBRAPA (2009).

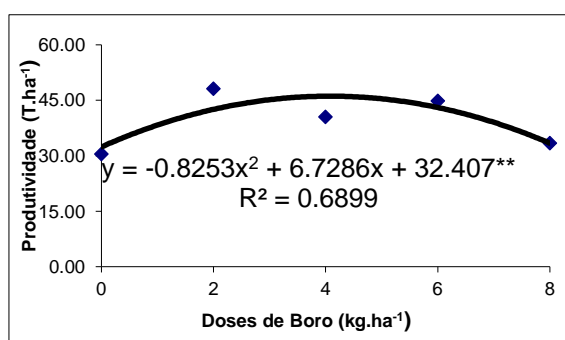
Para a análise da concentração de metabólitos secundários foi feito inicialmente o preparo dos extratos por maceração hidroalcoólica na proporção 1:10 durante 24 horas e ultrassonicação por 60 minutos em temperatura ambiente (Bandelin Sonorex Super – RK 510H). Em seguida, o material foi filtrado em filtro de papel e submetido à análise espectrofotométrica em espectrômetro Perkin Elmer – Lambda 16, usando cubeta de quartzo de 1 cm de caminho óptico com varredura de 200 a 700 nm, com intervalos de 2nm, utilizando alíquotas de 1mL de cada extrato à 10% diluídas 50 vezes. O estudo

do perfil cromatográfico dos metabólitos secundários presentes na *Brassica oleracea* var. *capitata*, foi utilizado um cromatógrafo líquido Dionex com eluição isocrática de 60:40 (metanol: água), fluxo de $1\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$, com injeção manual, coluna C-18 (à 25°C); $5\mu\text{m}$; 120 \AA ; $4,6\times 150\text{ mm}$, detecção UV em 254nm , controlado por software Chromeleon 6.7 com corrida de 10 minutos. Antes da injeção as amostras foram diluídas 100 vezes com o solvente hidroalcoólico.

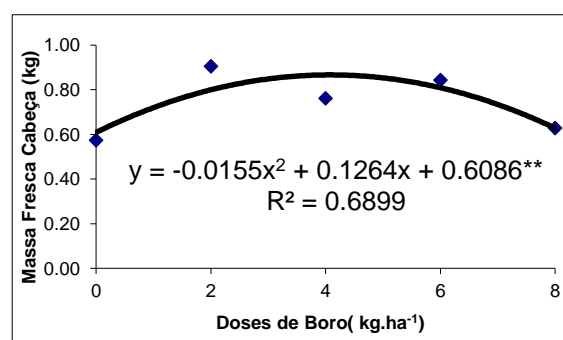
Os efeitos da adubação nas características das plantas foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste F e, nos casos em que houve significância das doses de boro, utilizou-se a análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

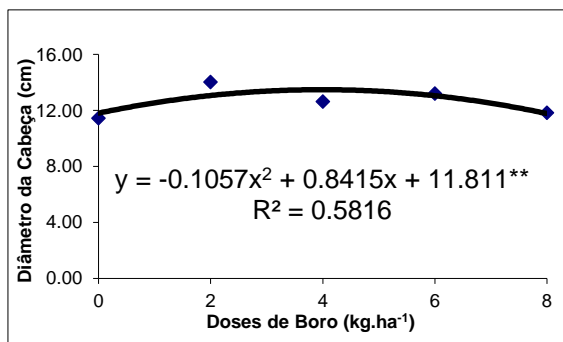
Nas plantas submetidas à adubação boratada os resultados encontrados mostraram efeitos significativos, com resposta quadrática para produtividade, massa fresca das cabeças, diâmetro das cabeças formadas, número de folhas externas, índice de formato das cabeças, massa seca das cabeças e folhas externas e teor de boro nas cabeças. Para a variável teor de boro nas folhas externas, a resposta para a adubação foi linear. A relação comprimento do coração sobre diâmetro da cabeça não foi significativa (Figura 1).



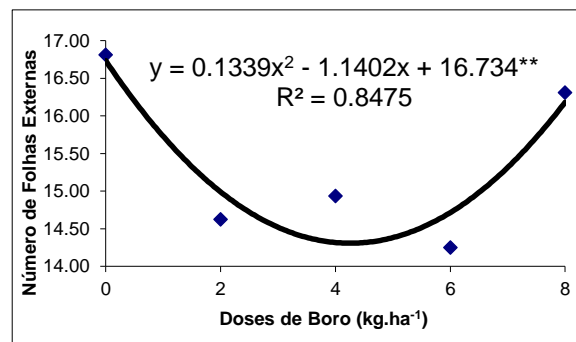
1a



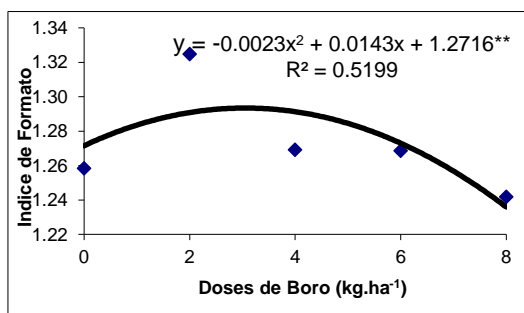
1b



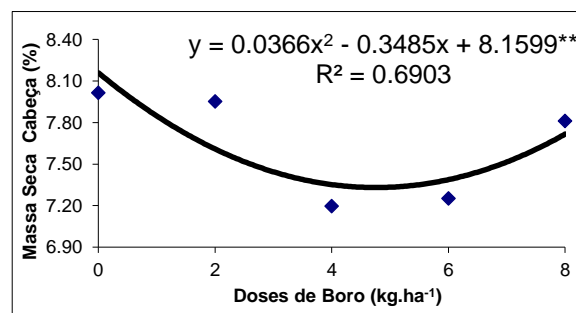
1c



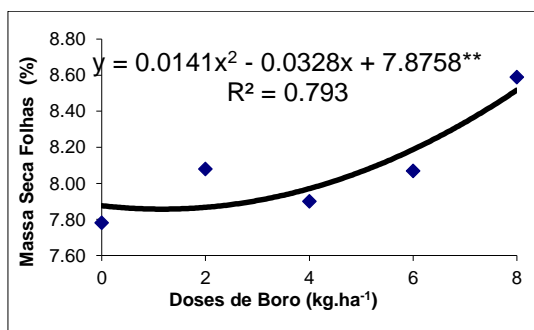
1d



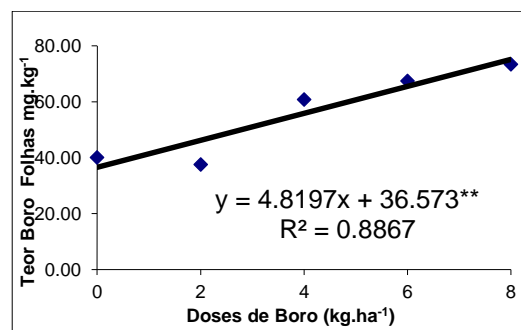
1e



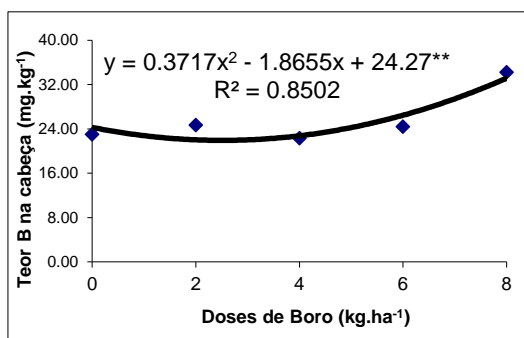
1f



1g



1h



1i

FIGURA 1. Produtividade (1a), massa fresca da cabeça (1b), diâmetro da cabeça (1c), número de folhas externas (1d), índice de formato (1e), massa seca da cabeça (1f), massa seca das folhas externas (1g), teor de boro nas folhas externas (1h), teor de boro na cabeça (1i) em função das doses de boro.

Em todos os tratamentos a produtividade total foi superior à média obtida para o estado do Espírito Santo em 2010, que foi de 40 ton/ha (IBGE, 2010). A produtividade máxima foi alcançada com 4,08 kg.ha⁻¹ de boro e foi estimada pela curva em 46,12 t.ha⁻¹ (Figura 1a), o que seria superior as 42 t.ha⁻¹ observada por LEDO *et al.* (2000) que avaliaram o desempenho de cultivares de repolho em Rio Branco-AC também entre junho e outubro. Em trabalho específico recente, realizado em Aquidauana-MS, com adubação boratada, SILVA *et al.* (2012) obtiveram produtividade de aproximadamente 30 t.ha⁻¹ utilizando a dose de 7,2 Kg.ha⁻¹ de Boro entre os meses de março e julho. Caso utilizássemos a adubação de 4,08 kg.ha⁻¹ na curva obtida por esses autores alcançaríamos uma produtividade de aproximadamente 27,5 t.ha⁻¹.

O espaçamento utilizado nos experimentos explicam essas diferenças, o presente trabalho utilizou uma área útil por planta de 0,1878 m², em contrapartida aos dois trabalhos citados, que utilizaram o espaçamento tradicional recomendado de 0,40 x 0,80, ocupando uma área maior de aproximadamente 0,3200 m². Também deve ser considerada nesta questão a diferença entre solos e os materiais genéticos.

Além disso, a utilização de híbridos nos experimentos também pode influenciar no perfil de produtividade das plantas, uma vez que são exemplares mais resistentes, adaptáveis e com melhores taxas de desenvolvimento (AMBROSIO & MOURA, 1999; CARVALHO & IKUTA, 2003). No presente trabalho foi utilizado o Astrus, um híbrido brasileiro, que produz cabeças redondas, resistente a rachaduras, murcha de *Fusarium*, podridão negra e ao calor (EMBRAPA, 2002).

A massa fresca da cabeça apresentou o máximo de 0,87 kg (Figura 1b), valor maior que o máximo de 0,76 kg obtido por Silva *et al.* (2012). Os resultados encontrados para a massa fresca oscilaram entre 0,61 no tratamento sem adubação com boro e 0,87 com uma quantidade próxima a 4 kg.ha⁻¹ de B, a

partir daí os valores foram decrescendo até 0,63 Kg no último tratamento, com cerca de 8 kg.ha⁻¹ de B. CARNEIRO *et al.* (1995), avaliando a produtividade do repolho em função de crescentes doses de Borax, também encontrou resposta quadrática.

Para a variável diâmetro da cabeça, o valor máximo obtido foi com a dose de 3,98 kg.ha⁻¹ B, correspondendo a 13,49 cm (Figura 1c). PIZETTA *et al.* (2005) e SILVA *et al.* (2012) utilizando doses semelhantes encontraram resposta linear positiva para a variável.

O número de folhas externas apresentou um mínimo de 14,31 folhas para uma adubação com boro de 4,26 kg.ha⁻¹ (Figura 1d). Essa dose de boro permite uma produtividade de 46,09 t.ha⁻¹ valor muito próximo do valor máximo obtido de 46,12 t.ha⁻¹, o que demonstra um equilíbrio da relação entre fonte e dreno.

O índice de formato apresentou valor máximo de 1,29 (Figura 1e), como esse índice é calculado pela relação entre os diâmetros longitudinal e transversal da cabeça, valores próximos a 1,0 indicam cabeças mais arredondas e acima desse valor representa cabeças mais achatadas.

A relação entre comprimento do coração e diâmetro longitudinal não apresentou diferença significativa, sendo seu valor médio encontrado igual a 0,39. Valores altos indicam diminuição da qualidade do produto, afetando sua duração comercial (SILVA JUNIOR e YOKOYAMA, 1988). LEDO *et al.* (2000) comparando as características comerciais de diferentes cultivares, encontrou para a cultivar Master AG-325 o menor valor, de 0,48. Assim, considerando essa característica, o resultado encontrado indica que a adubação boratada não afetou a qualidade do produto final.

As massas secas da cabeça e das folhas externas atingiram um mínimo de 7,33 e 7,86% com cerca de 4,76 kg.ha⁻¹ e 1,16 kg.ha⁻¹ de boro, respectivamente. Caso utilizássemos na curva da matéria seca da cabeça a adubação de 4,08 kg.ha⁻¹ de boro, que proporcionou a maior produtividade, teríamos um valor de 7,34%, ou seja, valor próximo ao mínimo encontrado de 7,33%. Isso indica que a adubação boratada proporciona um produto com maior teor de água, portanto mais suculento, com a mesma dose que proporciona a maior produtividade.

O teor de boro foliar teve comportamento linear alcançando nos tratamentos com 0 e 8 kg de B.ha⁻¹, os valores de 36,57 e 75,13 mg.kg⁻¹, respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa adequada de 25 a 75 mg.kg⁻¹ para o repolho

relatados por. TRANI *et al.* (1996). O teor de boro na cabeça apresentou comportamento quadrático com o mínimo de $21,93 \text{ mg.kg}^{-1}$ alcançado com a dose de $2,51 \text{ kg.ha}^{-1}$ de boro. O maior teor de $33,13 \text{ mg.kg}^{-1}$ obtido para a cabeça com 8 kg.ha^{-1} de boro é menor que o menor valor obtido para as folhas de $36,57 \text{ mg.kg}^{-1}$. Este resultado é devido, provavelmente, pelo fato do boro ser imóvel nas plantas e translocado principalmente através do xilema, apresentando mobilidade muito limitada no floema, por isso, acumula-se na folhas mais velhas, preferencialmente nas margens e pontas (FERNANDES, 2006).

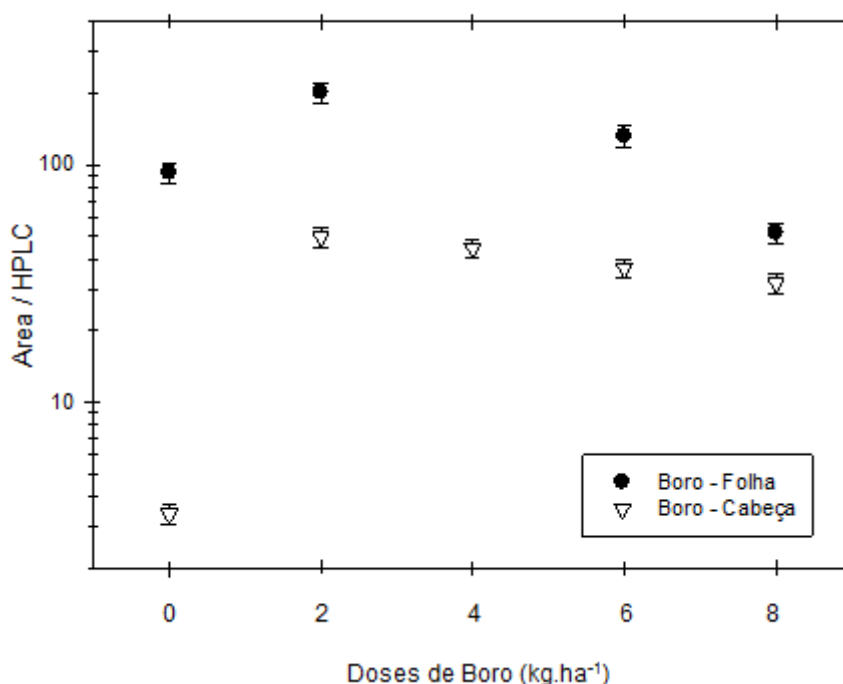


FIGURA 2. Efeito da adubação boratada na produção de metabólitos secundários polares em amostras de folhas externas e cabeça de *Brassica oleracea* var. *capitata*.

Em plantas submetidas à adubação com boro, os resultados obtidos para a relação entre a concentração de compostos majoritários polares cabeça/folha nas plantas adubadas com boro foram iguais a: $T1 = 0,036$; $T2 = 0,245$; $T4 = 0,277$; $T5 = 0,613$ e a média igual a $0,292$.

A nutrição de repolho com boro gerou maior concentração de metabólitos secundários nas folhas externas e na cabeça com 2 kg.ha^{-1} de boro. YUAI *et al.* (1993), avaliando a resposta de diferentes variedades de *Brassica napus* L., na

presença e ausência de boro na adubação, observou que nas plantas nutridas com boro havia um decréscimo no teor de glicosinolatos quando comparadas àquelas sem adição deste micronutriente. Isto pode ser explicado pelo fato de que à medida que a disponibilidade de nutrientes aumenta, é atingido um ponto no qual uma adição continuada não mais se relaciona ao incremento no crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Além disso, foi observado que o teor de compostos majoritários polares foi superior nas folhas externas. O boro possui como característica o fato de ser imóvel nas plantas e translocado principalmente através do xilema, apresentando mobilidade muito limitada no floema. A parte aérea da planta apresenta maior concentração deste micronutriente, que acumula-se principalmente nas folhas velhas (HU & BROWN, 1997; FERNANDES, 2006). Segundo ALVES (2009) o boro é imóvel em plantas de repolho e couve-flor.

O método de extração e caracterização da *Brassica oleracea* var. *capitata* utilizado neste experimento, com eluente hidroalcoólico, favoreceram a obtenção de compostos majoritários polares, por isso, pode-se supor que os picos obtidos através da análise cromatográfica eram formados principalmente por compostos fenólicos e glicosinolatos, uma vez que estes compostos são solúveis em água e solventes orgânicos polares (SIMÕES *et al.*, 2004).

Glicosinolatos e polifenóis apresentam hidrofiliidade de moderada a alta dependendo dos grupamentos ligados às suas moléculas e podem ser extraídos com solvente polares como água e etanol (HAVSTEEN, 2002; LEONI *et al.*, 2003). Há na literatura poucos estudos enfocando a influência da adubação boratada na cultura do repolho, principalmente quanto à sua relação com a produção de metabólitos secundários, entretanto, a análise dos resultados nos permite concluir que este nutriente influenciou significativamente os parâmetros analisados, ressaltando que o solo, as condições climáticas, o cultivar e a forma de manejo também podem afetar diretamente a resposta da planta.

A maior produtividade, maior diâmetro de cabeça e menor número de folhas externas produzidas foram encontradas com doses próximas a 4 kg.ha⁻¹, características compatíveis com o melhor aproveitamento da cultura pelo produtor. Em relação aos metabólitos secundários produzidos, a metodologia utilizada favoreceu a extração e caracterização de compostos polares, como polifenóis e glicosinolatos, característicos de plantas pertencentes à família das

Brássicas. O maior teor de compostos encontrados nas folhas externas mostram a tendência de armazenamento dos metabólitos neste tecido, devido à sua baixa mobilidade no floema.

REFERÊNCIAS

1. ABCSEM – Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudanças. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/anteriores/2013-01/index.php?referencia=Especial02>. Acesso em: 17 Mar. 2014.
2. APHORTEP – Associação dos Produtores e Distribuidores de Horti-Fruti do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.aphortesp.com.br/repolho.html>. Acesso: 17 Mar. 2014.
3. ALVARES, M.C.; OLIVEIRA, S.A.; MATTOS, J.K.; MESQUITA FILHO, M.V. Resposta de repolho a adubação com bórax. **Horticultura Brasileira**, v.3, p.18-21, 1985.
4. ALVES, A.U. Absorção e mobilidade de boro em plantas de repolho e couve-flor. [Tese de Mestrado] Univ. Est. Paul., 2009.
5. BERGAMIN, L.G.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARBOSA, J.C. Produção de repolho em função da aplicação de boro associada a adubo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.311-315, 2005.
6. CARNEIRO, I.F.; NETO, J.X.A.; NAVES, R.V.; CHAVES, L.J. Efeitos de diferentes níveis de Boro na presença e ausência de matéria orgânica na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*). **Anais Escola Agronomia e Veterinária**, v.25, n.1, p.1-11, 1995.
7. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. Disponível em: http://www.cpafrf.embrapa.br/embrapa/attachments/194_2cit_0072002_repolho_joaci.pdf. Acesso em: 01 Dez 2013.
8. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
9. EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, p. 403, 2006.
10. FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. (ed. FERNANDES, M.S.) SBCS: Viçosa. p.327-355, 2006.
11. FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Vicosá: UFV.p.421, 2008.
12. GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of born in soils. In:GUPTA, U.C. (ed.). Boron and its role in crop production. **Boca Raton**: CRC Press, 1997. p.3-44.

13. GIORDANO, L.B.; SILVA, N.; CORDEIRO, C.M.T. Experimentos comparativos entre híbridos e cultivares de repolho. *Horticultura Brasileira*, v.3, n.1, p.29-31, 1985.
14. GOBBO-NETO, L; NORBERTO, P. L. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
15. HAVSTEEN, B. H. The biochemistry and medical significance of the flavonóides. **Pharmacology & Therapeutics**. v.96, p. 67– 202, 2002.
16. HU, H.; BROWN, P. H. Absortion of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v.193, n.1/2, p.49-58, 1997.
17. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Santa_Teresa.pdf. Acesso em: 04 Dez. 2013.
18. LÉDO, F.J.S.; SOUZA, J.A.; SILVA, M.R. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**. v.18. p. 138-140, 2000.
19. LEONI, O.; CINTI, S.; ALIANO, N.; TITTONEL, E. D. A rapid chromatographic method for determining the glucosinolate content in crambe seed. **Plant Breeding**. v. 122, p.517—520, 2003.
20. MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997, p.231-305.
21. MAPELI, N.C.; VIEIRA, M.C.; HEREDIA Z.N.A.; SIQUEIRA, J.M. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.32-37, 2005.
22. MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd ed. London: Academic Press, p.889, 1995.
23. MARTINEZ, H.P.M.; CLEMENTE, J.M. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa: UFV, p. 55-60, 2011.
24. MITHEN, R.F; DEKKER, M., RUUD VERKERK, R. SYLVIE RABOT, S.; JOHNSON, I.T. The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. **Journal Science Food Agriculture**, v.80. p.967-984, 2000.
25. MORENO, D.A.; CARVAJAL, M.; LÓPEZ-BERENGUER, C.; GARCÍA-VIGUERA, C. Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli. **Journal Pharmaceutical and Biogycal Analysis**, v. 41. p. 1508-1522, 2006.

26. PIZETTA, L.C.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; BARBOSA, J.C. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.51-56, 2005.
27. PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aprox. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.
28. SILVA JÚNIOR, A.A.; MIURA, L.; YOKOYAMA, S. Repolho: novas cultivares de verão. **Agropecuária Catarinense**, v.1, n.3, p.47-49, 1988.
29. SILVA KS; SANTOS ECM; BENETT CGS; LARANJEIRA LT; EBERHARDT NETO E; COSTA E. Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses de boro. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 520-525, 2012.
30. SIMÕES, C.O., SCHENKEL, E. P., GOSMÃO, G., MELLO, J. C. P., MENTZ, L.A., PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da Planta ao Medicamento**. 5ªed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2004.
31. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 2004.
32. TRANI PE; PASSOS FA; AZEVEDO JA; TAVARES M. Brócolos, couve-flor e repolho. In: RAIJ BVAN; CANTARELLA H; QUAGGIO JA.; FURLANI AMC. (ed) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, p.175, 1996.
- 33.YUAI, Y.; JIANMING, X.; ZHENGQIANG, Y.; KE, W. Responses of rape genotypes of boron application. **Plant and Soil**, v.155, n.156, p. 321-324, 1993.

